

## 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영으로 측정된 녹내장 환자의 맥락막 두께 분석

### Choroidal Thickness in Primary Open-Angle Glaucoma Using Spectral-Domain Optical Coherence Tomography

김지원 · 류진영 · 최규룡

Ji Won Kim, MD, Jin Young Rhew, MD, Kyu Ryong Choi, MD, PhD

이화여자대학교 의학전문대학원 안과학교실 이화 시과학연구센터

*Ewha Institute of Ophthalmology and Optometry, Department of Ophthalmology, Ewha Womans University School of Medicine, Seoul, Korea*

**Purpose:** To evaluate the choroidal thickness in patients with primary open-angle glaucoma (POAG) and normal tension glaucoma (NTG) using spectral-domain optical coherence tomography (SD-OCT), and to explore the relationship between the choroidal thickness and glaucoma.

**Methods:** A retrospective analysis was performed on patients who had been diagnosed with POAG or NTG at Ewha Womans University, Mokdong Hospital. SD-OCT scans were obtained to estimate retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness, macular thickness, and subfoveal and peripapillary choroidal thickness in groups of POAG patients, NTG patients, and normal controls.

**Results:** A total of 21 patients with POAG, 53 patients with NTG, and 42 normal subjects were enrolled in this study. RNFL thickness and macular thickness were significantly thinner in the POAG and NTG groups compared to the normal subjects. In contrast, there were no significant differences in subfoveal and peripapillary choroidal thickness among the 3 groups. There was no significant correlations between the peripapillary choroidal thickness and retinal nerve fiber layer thickness.

**Conclusions:** Choroidal thickness does not seem to differ between glaucoma patients and normal subjects, and there were no significant correlations between the choroidal thickness and glaucomatous optic neuropathy.

J Korean Ophthalmol Soc 2014;55(6):868-876

**Key Words:** Choroidal thickness, Spectral-domain optical coherence tomography (SD-OCT)

정상안압녹내장은 한국인에서 전체 2.7%, 개방각녹내장의 77%를 차지하며 아시아 인종에서 높은 유병률을 보이는 녹내장이다.<sup>1</sup> 정상안압녹내장은 특징적인 녹내장성 시신경 손상과 시야결손이 있으며, 치료 전에 측정된 안압이 항

상 21 mmHg 이하이고, 전방각은 개방되어 있으며 시야결손의 원인이 될 만한 안질환이나 전신질환이 없는 상태이다.

이러한 정상안압녹내장의 병인에 대해서는 여러 가지 이론이 제시되었으나, 녹내장 시신경병증의 원인으로 주로 2가지 가설이 수용되고 있다. 첫 번째는 기계적 이론(Mechanical theory)으로 높은 안압에 의해 사상관이 뒤로 밀리면서 사상관 열공의 뒤틀림이 오고 이로 인해 축삭형질흐름이 차단되어 시신경이 손상 받는다는 이론이다. 두 번째는 허혈성 이론(Ischemic theory)으로 정상 안압 또는 높은 안압에서 혈액 관류압이 감소하여 시신경유두에 허혈이 초래되고 결과적으로 축삭이 손상을 받는다는 것이다.<sup>2,4</sup> 즉, 녹내장 시

■ Received: 2014. 1. 3.      ■ Revised: 2014. 2. 20.

■ Accepted: 2014. 5. 22.

■ Address reprint requests to **Kyu Ryong Choi, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Ewha Womans University  
Mokdong Hospital, #1071 Anyangcheon-ro, Yangcheon-gu,  
Seoul 158-710, Korea  
Tel: 82-2-2650-5154, Fax: 82-2-2654-4334  
E-mail: ckrey02@ewha.ac.kr

© 2014 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

신경병증의 병인은 시신경유두의 전사상판 영역의 혈액 공급과 관련이 있으며, 이곳의 혈액 공급은 유두주위 맥락막의 분지로부터 유래되므로 맥락막의 혈류 변화가 녹내장 시신경병증의 병인에 있어 중요한 역할을 할 것으로 생각한다.<sup>5</sup>

그러나 맥락막은 이러한 중요성에도 불구하고 검안경, 안저사진, 형광안저촬영을 통해서도 검사가 어려웠고, 망막 색소상피로 인해 기존의 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT)으로도 관찰이 어려워져서 이제까지 맥락막 혈류 변화와 녹내장 시신경병증의 관계에 대해 뚜렷이 밝혀낸 연구는 없었다. 최근 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영 Enhanced depth imaging (EDI) 기법을 통해 비침습적으로 생체 내 맥락막 두께의 측정이 가능해짐에 따라 녹내장 환자에서 맥락막과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직 녹내장 환자에서의 맥락막 두께와 관련하여 합의된 결과를 도출하지 못하고 있다.<sup>6</sup>

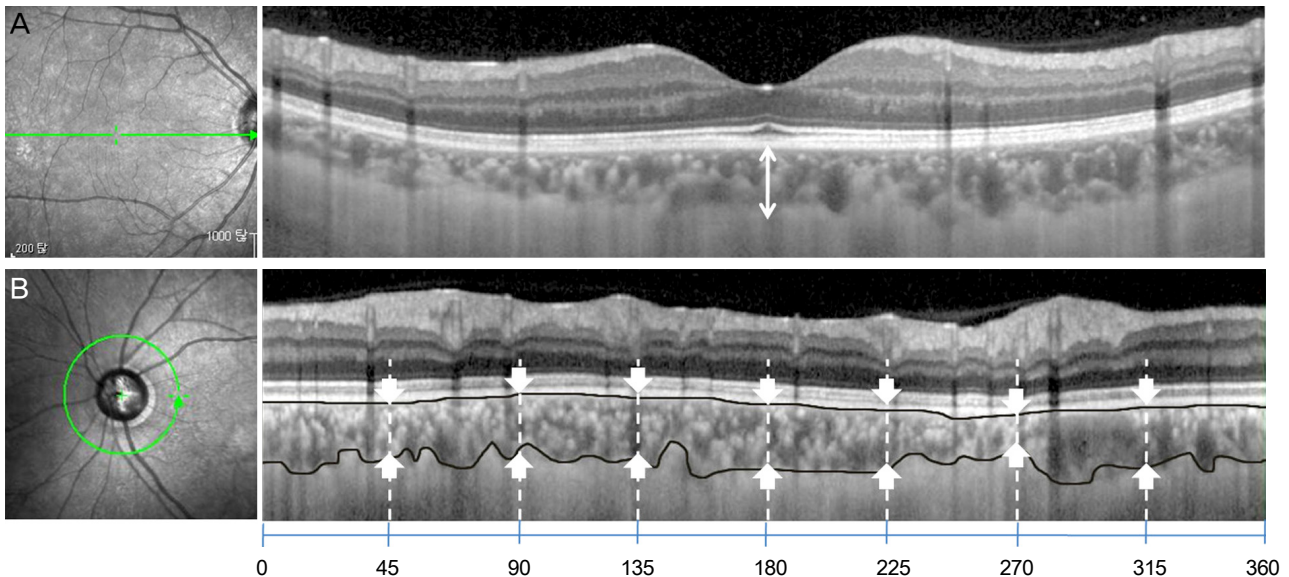
이에 저자들은 한국인을 대상으로 정상안압녹내장과 원발개방각녹내장 환자에서 황반 하 및 유두주위 맥락막 두께를 측정하여 비교함으로써 녹내장 시신경병증과 맥락막 두께와의 관계를 규명해 보고자 하였다.

## 대상과 방법

2012년 9월부터 2013년 3월까지 이화여자대학교 목동병원 녹내장 클리닉에서 정상안압녹내장, 원발개방각녹내장

으로 진단받고 경과 관찰 중인 환자의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 녹내장 진단은 전방각경 검사상 개방각을 보이며, 녹내장 시신경유두 손상과 이에 부합하는 시야 결손이 관찰되고 녹내장 이외의 시신경 손상을 일으킬 만한 원인질환이 없는 경우에 한하여, 녹내장 약물치료 시작 전 측정된 기저 안압이 20 mmHg 이하이면 정상안압녹내장, 21 mmHg 이상이면 원발개방각녹내장으로 정의하였다. 진단은 1인의 녹내장 전문의에 의하여 이루어졌으며, 양안 녹내장 환자에서는 무작위로 편안을 선택하여 분석하였다. 대조군은 본원 안과에 내원한 환자 중 굴절 이상 이외 다른 안과 질환이 없는 경우를 대상으로 하였다. 전체 대상자 중 굴절 이상 이외 다른 안과 질환의 과거력이 있거나 소견이 보이는 환자, 안과 수술력이 있는 경우, 맥락막과 망막의 질환이 발견된 경우, 최대 교정시력이 0.5 미만인 경우, 녹내장 이외의 시신경 손상을 일으킬 만한 원인질환이 있는 경우나 당뇨 또는 고혈압이 있는 경우, 고도근시 등 시신경 유두주위 위축부가 병적으로 큰 경우는 제외하였으며, 굴절력은 +6에서 -6 diopter 이내로 제한하였다.

골드만압평안압계를 이용한 안압, 현성굴절검사, 세극등검사, 안저검사, 빛간섭단층촬영, 전방각경검사 및 시야 검사 결과를 분석하였으며 당뇨, 고혈압, 안과 질환의 과거력 등을 조사하였다. 빛간섭단층촬영은 숙련된 단일 검사자에 의해 Spectral-domain optical coherence tomography (Spectralis OCT, Heidelberg, Germany)를 이용하여 시행되었다.



**Figure 1.** Images from spectral-domain optical coherence tomography (SD-OCT) with enhanced-depth imaging (EDI). (A) Image from subfoveal SD-OCT scan. White line: line of measurements of the subfoveal choroidal thickness. (B) Image from 360-degree peripapillary SD-OCT scan. Examples of image depicting choroidal thickness and demonstrating manual delineation of choroidal vasculature lying between the outer border of the retinal pigment epithelium and the posterior choroidal vessels (white arrow with white dotted line, 0°: temporal, 45°: superotemporal, 90°: superior, 135°: superonasal, 180°: nasal, 225°: inferonasal, 270°: inferior, 315°: inferotemporal).

망막신경섬유층 두께는 시신경유두를 중심으로 360°, 3.4 mm 직경의 원형 스캔을 이용하였으며 이측, 상이측, 상비측, 비측, 하비측, 하이측 6개의 구역으로 나누어 비교하였다. 황반 두께는 직경 6 mm 황반 구역의 중심와(fovea centralis,  $r < 0.5$  mm), 중심와부근 내부영역(inner sector of the parafovea,  $r = 0.5-1.5$  mm), 중심와부근 외부영역(outer sector of the parafovea,  $r = 1.5-3.0$  mm)의 두께를 각각 분석하였으며, 중심와부근의 경우 상측, 이측, 비측, 하측 4개의 구역으로 나누어 비교하였다.

맥락막 두께는 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영기(Spectralis OCT®, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)의 Enhanced-depth imaging (EDI) 기법을 이용하여 촬영하였다.<sup>6</sup> EDI 기법이란 망막을 찍을 때보다 대물렌즈를 눈에 가까이 가져가 영상이 뒤집히면서 맥락막이 더 선명하게 관찰되는 방법으로, 100개 스캔의 평균으로 이루어진 이미지를 얻을 수 있다. 황반 하 맥락막은 7개의 구획을 황반 중심부와 시신경유두를 포함하는 5×30도의 직사각형 모양으로 촬영하였으며, 황반 하 맥락막 두께 측정은 중심와를 관통하는 선형의 수평 스캔을 이용하여 황반 하에서 브루크막의 고반사선의 외측에서 맥락막-공막의 경계(chorioscleral interface)까지 수직선을 그어 측정하였다(Fig. 1A). 유두주위 맥락막은 망막신경섬유층을 측정할 때와 동일한, 시신경을 중심으로 한 360°, 3.4 mm 직경의 원형으로 촬영하였으며, 유두주위 맥락막 두께 측정은 원형 스캔을 45° 간격으로 나누는 8개 지점에서 브루크막의 고반사선의 외측에서 맥락막-공막의 경계까지 수직선을 그어 측정하였다(Fig. 1B).<sup>7</sup> 측정은 Heidelberg Eye Explorer 소프트웨어(version 1.5.12.0)를 이용하였으며, 내장되어 있는 caliper tool을 이용하여 숙련된 2명의 측정자가 독립적으로 측정한 뒤 맥락막 두께를 평균하여 측정치를 도출하였다.

통계적 분석은 SPSS® version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, III)

를 사용하였으며, 세 군의 비교에는 Kruskal-Wallis H test 및 카이제곱검정을 이용하였다. 정상안압녹내장군과 정상군의 비교에는 Student *t*-test를 사용하였으며, 원발개방각 녹내장군과 정상군 또는 원발개방각 녹내장군과 정상안압 녹내장을 비교할 때는 Mann-whitney *U*-test를 이용하였다. 녹내장 환자에서의 유두주위 맥락막 두께와 망막신경섬유층 두께 사이의 연관관계는 이변량 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 이용하였으며, 유목내상관계수(Intraclass correlation coefficients, ICCs)를 구하여 맥락막 두께 측정의 재현성을 분석하였다. 통계학적 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

## 결 과

전체 연구 대상군은 대조군 42명, 정상안압녹내장군 53명, 원발개방각녹내장군 21명으로 총 116명이었다. 세 군 간의 환자 특성을 비교하였을 때 연령은 각각  $49.13 \pm 17.09$  세,  $52.75 \pm 16.60$  세,  $53.98 \pm 11.23$  세로 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으며( $p=0.794$ ), 성별 비교에서도 여성의 비율이 정상군 40.5%, 정상안압녹내장군 41.5%, 원발개방각 녹내장군 42.9%로 세 군 간에 유사하게 나타났다( $p=0.853$ ). 구면렌즈 대응치는 각각  $-1.83 \pm 3.09$  diopter,  $-2.31 \pm 4.04$  diopter,  $-2.15 \pm 2.71$  diopter로 전체 평균은 근시안이었으며, 안축장은 각각  $24.70 \pm 1.22$  mm,  $25.11 \pm 1.43$  mm,  $24.93 \pm 1.52$  mm로 두 항목 모두 세 군 간에 유의한 차이가 없었다( $p=0.461$ ,  $p=0.302$ ). 시야검사상 mean deviation (MD) 값은 정상군  $1.16 \pm 1.03$  dB, 정상안압녹내장군  $-2.21 \pm 1.95$  dB, 원발개방각녹내장군  $-1.97 \pm 1.24$  dB로 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군에서 정상군에 비해 유의하게 낮게 나타났으며(Normal vs NTG  $p < 0.001$ , Normal vs POAG  $p < 0.001$ ), 정상안압녹내장군과 원발개방

Table 1. Dermographic characteristics of groups

	Normal (n = 42)	NTG (n = 53)		POAG (n = 21)		<i>p</i> -value <sup>†</sup>	<i>p</i> -value <sup>‡</sup>
	mean $\pm$ SD	mean $\pm$ SD	<i>p</i> -value <sup>*</sup>	mean $\pm$ SD	<i>p</i> -value <sup>*</sup>		
Age (years)	$49.13 \pm 17.09$	$52.75 \pm 16.60$	0.919	$53.98 \pm 11.23$	0.892	0.865	0.794
Sex (M:F)	25:17	31:22	0.998	12:9	0.900	0.987	0.853
(percent of female)	(40.5%)	(41.5%)		(42.9%)			
SE (diopter)	$-1.83 \pm 3.09$	$-2.31 \pm 4.04$	0.570	$-2.15 \pm 2.71$	0.634	0.621	0.461
AL (mm)	$24.70 \pm 1.22$	$25.11 \pm 1.43$	0.744	$24.93 \pm 1.52$	0.966	0.948	0.302
MD (dB)	$1.16 \pm 1.03$	$-2.21 \pm 1.95$	$<0.001$	$-1.97 \pm 1.24$	$<0.001$	0.375	$<0.001$
PSD (dB)	$1.37 \pm 1.10$	$3.31 \pm 1.18$	$<0.001$	$2.99 \pm 1.63$	0.001	0.284	$<0.001$

NTG = normal tension glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma; SD = standard deviation; SE = spherical equivalent; AL = axial length; MD = visual field mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

\*Values for comparison with normal group: Normal vs NTG: Student *t*-test, Chi-Square test (Sex); Normal vs POAG: Mann-whitney *U*-test, Chi-Square test (Sex); †Values for comparison with NTG and POAG: Mann-whitney *U*-test, Chi-Square test (Sex); ‡Values for comparison among Normal and NTG, POAG: Kruskal-Wallis H test, Chi-Square test (Sex).

각녹내장군 사이에 유의한 차이는 없었다( $p=0.375$ ). PSD (pattern standard deviation) 값 또한 각각  $1.37 \pm 1.10$  dB,  $3.31 \pm 1.18$  dB,  $2.99 \pm 1.63$  dB로 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장에서 유의하게 크게 나타났으며(Normal vs NTG  $p<0.001$ , Normal vs POAG  $p=0.001$ ), 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군 사이에 유의한 차이는 없었다( $p=0.284$ ) (Table 1).

평균 망막신경섬유층 두께는 정상군  $110.19 \pm 22.15$   $\mu$ m, 정상안압녹내장군  $82.62 \pm 25.14$   $\mu$ m, 원발개방각녹내장군  $85.68 \pm 21.73$   $\mu$ m로 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군이 정상군에 비해 얇게 나타났으며(Normal vs NTG  $p<0.001$ , Normal vs POAG  $p<0.001$ ), 영역별 비교에서도 모든 영역에서 녹내장군이 정상군에 비해 얇게 나타났다. 그러나 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군 비교 시에는 두 군 간에 차이가 없었으며( $p=0.457$ ), 영역별 비교에서도 모든 영역에서 유의한 차이를 볼 수 없었다(Table 2).

중심와 황반 두께의 경우 정상군  $266.58 \pm 20.10$   $\mu$ m, 정상안압녹내장군  $263.67 \pm 18.69$   $\mu$ m, 원발개방각녹내장군  $268.15 \pm 17.99$   $\mu$ m로 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.735$ ). 중심와 부근 내부영역의 경우 평균 정상군  $339.34 \pm 15.26$   $\mu$ m, 정상안압녹내장군  $326.34 \pm 17.08$   $\mu$ m, 원발개방각녹내장군  $327.09 \pm 15.36$   $\mu$ m로 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군이 정상군보다 얇게 나타났으며(Normal vs NTG  $p=0.021$ , Normal vs POAG  $p=0.025$ ), 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군 사이에는 유의한 차이가 없었다( $p=0.984$ ). 중심와 부근 외부 영역에서도 각각 평균  $307.42 \pm 15.25$   $\mu$ m,  $295.44 \pm 15.44$   $\mu$ m,  $294.54 \pm 13.44$   $\mu$ m로 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군이 정상군보다 얇게 나타났으며(Normal vs NTG  $p=0.024$ , Normal vs POAG  $p=0.021$ ), 정상안압녹내장군과 원발개방각녹내장군 사이에는 유의한 차이가 없었다( $p=0.896$ ) (Table 3).

황반 하 맥락막 두께는 정상군  $262.58 \pm 49.53$   $\mu$ m, 정상안

**Table 2.** Comparison of RNFL thickness in groups

Location	Normal (n = 42)	NTG (n = 53)		POAG (n = 21)		$p$ -value <sup>†</sup>	$p$ -value <sup>‡</sup>
	mean $\pm$ SD ( $\mu$ m)	mean $\pm$ SD ( $\mu$ m)	$p$ -value <sup>*</sup>	mean $\pm$ SD ( $\mu$ m)	$p$ -value <sup>*</sup>		
T sector	99.63 $\pm$ 28.08	78.08 $\pm$ 30.80	<0.001	83.01 $\pm$ 29.46	<0.001	0.366	<0.001
ST sector	108.67 $\pm$ 22.47	85.12 $\pm$ 24.49	0.001	87.15 $\pm$ 17.63	0.001	0.732	<0.001
SN sector	115.28 $\pm$ 18.15	82.83 $\pm$ 29.95	<0.001	89.99 $\pm$ 18.06	<0.001	0.277	<0.001
N sector	93.46 $\pm$ 15.36	68.75 $\pm$ 12.93	<0.001	69.29 $\pm$ 21.66	<0.001	0.959	<0.001
IN sector	112.19 $\pm$ 25.65	89.34 $\pm$ 20.09	<0.001	90.70 $\pm$ 19.85	<0.001	0.981	<0.001
IT sector	131.88 $\pm$ 23.17	91.58 $\pm$ 32.57	<0.001	93.95 $\pm$ 23.74	<0.001	0.904	<0.001
Average	110.19 $\pm$ 22.15	82.62 $\pm$ 25.14	<0.001	85.68 $\pm$ 21.73	<0.001	0.457	<0.001

RNFL = retinal nerve fiber layer; NTG = normal tension glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma; SD = standard deviation; T = temporal; ST = superotemporal; SN = superonasal; N = nasal; IN = inferonasal; IT = inferotemporal.

<sup>\*</sup>Values for comparison with normal group: Normal vs NTG: Student  $t$ -test; Normal vs POAG: Mann-whitney  $U$ -test; <sup>†</sup>Values for comparison with NTG and POAG: Mann-whitney  $U$ -test; <sup>‡</sup>Values for comparison among Normal and NTG, POAG: Kruskal-Wallis H test.

**Table 3.** Comparison of macular thickness in groups

Location	Normal (n = 42)	NTG (n = 53)		POAG (n = 21)		$p$ -value <sup>†</sup>	$p$ -value <sup>‡</sup>
	mean $\pm$ SD ( $\mu$ m)	mean $\pm$ SD ( $\mu$ m)	$p$ -value <sup>*</sup>	mean $\pm$ SD ( $\mu$ m)	$p$ -value <sup>*</sup>		
Fovea centralis	266.58 $\pm$ 20.10	263.67 $\pm$ 18.69	0.767	268.15 $\pm$ 17.99	0.940	0.507	0.735
The inner sector of parafovea							
Temporal	330.75 $\pm$ 10.87	317.42 $\pm$ 16.50	0.020	319.44 $\pm$ 15.54	0.028	0.899	0.001
Superior	343.88 $\pm$ 15.41	329.75 $\pm$ 17.29	0.017	328.37 $\pm$ 13.38	0.020	0.801	<0.001
Nasal	346.04 $\pm$ 14.15	333.04 $\pm$ 17.53	0.019	340.59 $\pm$ 17.11	0.025	0.893	<0.001
Inferior	336.67 $\pm$ 20.61	325.13 $\pm$ 16.99	0.022	322.96 $\pm$ 15.47	0.021	0.988	0.001
Average	339.34 $\pm$ 15.26	326.34 $\pm$ 17.08	0.021	327.09 $\pm$ 15.36	0.025	0.984	<0.001
The outer sector of parafovea							
Temporal	299.28 $\pm$ 19.01	282.93 $\pm$ 16.87	0.011	283.31 $\pm$ 11.45	0.015	0.774	<0.001
Superior	307.63 $\pm$ 12.23	299.77 $\pm$ 17.68	0.035	296.62 $\pm$ 12.95	0.029	0.521	0.001
Nasal	321.45 $\pm$ 11.34	309.86 $\pm$ 14.16	0.010	310.23 $\pm$ 18.00	0.011	0.680	<0.001
Inferior	301.31 $\pm$ 18.42	289.21 $\pm$ 13.04	0.008	288.00 $\pm$ 11.34	0.010	0.789	<0.001
Average	307.42 $\pm$ 15.25	295.44 $\pm$ 15.44	0.024	294.54 $\pm$ 13.44	0.021	0.896	0.001

NTG = normal tension glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma; SD = standard deviation.

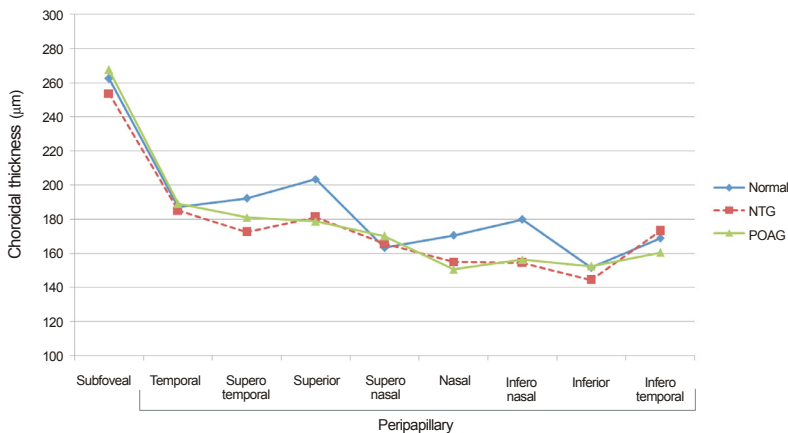
<sup>\*</sup>Values for comparison with normal group: Normal vs NTG: Student  $t$ -test; Normal vs POAG: Mann-whitney  $U$ -test; <sup>†</sup>Values for comparison with NTG and POAG: Mann-whitney  $U$ -test; <sup>‡</sup>Values for comparison among Normal and NTG, POAG: Kruskal-Wallis H test.

**Table 4.** Comparison of choroidal thickness in groups

Location	Normal (n = 42)	NTG (n = 53)		POAG (n = 21)		<i>p</i> -value <sup>†</sup>	<i>p</i> -value <sup>‡</sup>
	mean ± SD (μm)	mean ± SD (μm)	<i>p</i> -value*	mean ± SD (μm)	<i>p</i> -value*		
Subfoveal CT	262.58 ± 49.53	253.79 ± 62.66	0.365	267.52 ± 60.31	0.451	0.143	0.584
Peripapillary CT							
T	187.04 ± 21.03	185.16 ± 65.42	0.892	189.12 ± 41.61	0.803	0.738	0.831
ST	192.37 ± 46.25	172.63 ± 71.64	0.080	181.04 ± 59.56	0.119	0.351	0.609
S	203.54 ± 79.28	181.28 ± 69.61	0.073	178.79 ± 73.33	0.061	0.829	0.112
SN	163.38 ± 71.28	165.75 ± 69.70	0.904	170.15 ± 68.88	0.556	0.408	0.701
N	170.58 ± 51.36	155.00 ± 56.77	0.185	150.62 ± 55.41	0.080	0.777	0.126
IN	179.92 ± 60.46	154.42 ± 99.21	0.069	156.34 ± 67.89	0.072	0.818	0.141
I	151.63 ± 56.02	144.37 ± 72.77	0.387	152.40 ± 78.75	0.965	0.240	0.740
IT	168.81 ± 58.61	173.17 ± 66.54	0.594	160.46 ± 59.19	0.462	0.387	0.606
Average	177.16 ± 55.54	166.47 ± 71.46	0.213	167.37 ± 63.08	0.278	0.912	0.593

NTG = normal tension glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma; SD = standard deviation; CT = choroidal thickness; T = temporal; ST = superotemporal; S = superior; SN = superonasal; N = nasal; IN = inferonasal; I = inferior; IT = inferotemporal.

\*Values for comparison with normal group: Normal vs NTG: Student *t*-test, Normal vs POAG: Mann-whitney *U*-test; †Values for comparison with NTG and POAG: Mann-whitney *U*-test; ‡Values for comparison among Normal and NTG, POAG: Kruskal-Wallis H test.



**Figure 2.** Graph of choroidal thickness in normal subjects and NTG, POAG patients. Subfoveal and peripapillary choroidal thickness did not change significantly between normal subjects and NTG, POAG patients. NTG = normal tension glaucoma; POAG = primary open angle glaucoma.

압축내장군 253.79 ± 62.66 μm, 원발개방각녹내장군 267.52 ± 60.31 μm로 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다 (*p*=0.584). 유두주위 맥락막 두께 역시 평균 정상군 177.16 ± 55.54 μm, 정상안압축내장군 166.47 ± 71.46 μm, 원발개방각녹내장군 167.37 ± 63.08 μm로 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으며(*p*=0.593), 영역별 비교에서도 모든 영역에서 유사하게 나타났다(Table 4, Fig. 2).

개방각 녹내장 환자에서 망막신경섬유층 두께와 유두주위 맥락막 두께의 연관 관계를 알아본 결과, 이측(*r*=0.224, *p*=0.226), 상이측(*r*=0.071, *p*=0.509), 상비측(*r*=-0.103, *p*=0.354), 비측(*r*=-0.156, *p*=0.073), 하비측(*r*=0.261, *p*=0.635), 하이측(*r*=-0.037, *p*=0.148) 모든 영역에서 유의한 연관성이 없는 것으로 나타났다(Table 5). 맥락막 두께 측정의 재현성을 분석한 결과, 관찰자 내 맥락막 두께에 대한 유목내 상관관계수는 0.905에서 0.997이었으며, 두 명의 관찰자 간 유목내 상관관계수는 0.900에서 0.996으로 높은 일치율을 보였다.

**Table 5.** Pearson's correlation coefficient between retinal nerve fiber layer thickness and choroidal thickness by peripapillary location in open angle glaucoma patients

Location	Correlation coefficient (r)	<i>p</i> -value
Temporal	0.024	0.226
Superotemporal	0.071	0.509
Superonasal	-0.103	0.354
Nasal	-0.156	0.073
Inferonasal	0.261	0.635
Inferotemporal	-0.037	0.148

## 고 찰

녹내장 시신경 손상의 병인으로 낮은 관류압과 자가조절 부족으로 인한 혈류조절 이상이 제시되었으며, 맥락막은 전체 안구 혈류의 85%를 담당할 뿐만 아니라, 시신경유두 전상관 영역의 혈액공급과 관련이 있으므로 맥락막이 녹내장의 발생과 연관이 있으리라 예측할 수 있었다.<sup>8</sup> 그러나 아직 맥락막이 녹내장의 발생에 있어 명확하게 어떠한 역

할을 하는지 밝혀진 바가 없었으며, 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영 EDI 기법이 도입됨에 따라 맥락막의 두께를 측정하는 정량적인 연구가 가능해지면서 녹내장과 맥락막 두께의 관계를 알아보기 위한 연구가 다양하게 진행되었다. 그러나 기존의 연구들은 맥락막 두께가 증가하거나, 차이가 없거나, 감소하는 다양한 결과를 나타내었다. 이렇듯 맥락막 두께와 녹내장의 관계에 대해 일치된 결과가 도출되지 못한 것은 연구 설계와 대상군의 차이 때문으로 생각한다.

먼저 조직학적인 방법을 이용한 맥락막 연구에서는 녹내장군이 대조군에 비해 맥락막 두께와 맥락막 동맥의 밀도가 증가하였음이 보고되었다.<sup>9</sup> 그러나 Yin et al<sup>10</sup>은 이와 반대로 녹내장 환자에서 맥락막 혈관의 직경 수축 및 혈관 밀도의 감소로 인해 맥락막 두께가 감소하였음을 보고하였다. 두 연구에서 이렇듯 상반된 결과를 보인 이유는 조직학적인 연구를 시행할 때 검체를 검사하는 방법이나 분류하는 방식이 다르기 때문으로 생각한다.

초음파 검사를 이용한 연구에서는 녹내장군이 정상군에 비해 맥락막 두께가 20% 증가하였으며, 혈관팽창을 이러한 증가의 원인으로 제시하였다.<sup>11</sup> 즉, 맥락막의 작은 혈관이 소실됨에 따라 혈류가 감소하고 남아 있는 혈관들의 혈압이 증가하여 혈관의 팽창 및 맥락막 두께 증가가 나타난다는 것이다. 그러나 이러한 가설은 Yin et al<sup>10</sup>이 보고한 조직학적 연구에서 맥락막 혈관의 소실과 맥락막 두께 감소가 함께 나타나는 이유를 설명하지 못한다. 또한, 이 연구를 시행할 당시, 대상군의 안압이 35-45 mmHg 정도 높은 상태였고, 초음파 검사법은 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영과는 달리 측방향해상력이 약 200  $\mu\text{m}$ 로 제한된 투과 능력을 보여 부정확한 측정 결과를 나타낼 수 있다.<sup>12</sup>

스펙트럼영역 빛간섭단층촬영 EDI 기법을 이용한 본 연구에서는 정상안압녹내장과 원발개방각녹내장, 정상군 사이에서 황반 하 및 유두주위 맥락막 두께가 차이를 보이지 않았다. 기존의 EDI 기법을 이용한 연구들은 본 연구 결과와 같이 녹내장군과 정상군 사이에 맥락막 두께의 차이가 없음을 보고한 경우도 있었으나 상반된 결과를 보이는 경우도 있었다.<sup>7,13-16</sup> Ehrlich et al<sup>7</sup>은 녹내장 의증 환자와 원발개방각녹내장 환자에서 유두주위 맥락막 두께를 비교하여 차이가 없음을 발표하였다. 또한 정상안압녹내장, 원발개방각녹내장, 정상군의 황반 하 및 비측, 이측 맥락막 두께 비교에서도 세 군 간에 유의한 차이가 없었다.<sup>13</sup> 이러한 결과들은 맥락막 두께와 녹내장 시신경 손상의 연관성이 적음을 시사한다. 그러나 이와 반대로 고도근시인 정상안압녹내장군을 대상으로 한 연구에서 고도근시인 정상안압녹내장군이 대조군보다 유두주위 맥락막 두께가 유의하게 얇다고 보고된 바 있다.<sup>15</sup> 하지만 이 연구에서는 고도근시로 인

해 맥락막이 이미 얇아져 있다는 사실이 연구 결과에 영향을 미쳤음을 배제할 수 없다. Hirooka et al<sup>16</sup>은 맥락막 혈관 소실 및 혈류감소로 인해 정상안압녹내장군이 대조군에 비해 하측, 하비측, 하이측의 유두주위 맥락막 두께가 유의하게 얇다고 보고하였다. 그러나 맥락막의 혈류 이상으로 녹내장 시신경 손상이 발생했다면 이와 연관된 망막신경섬유층의 결손이 나타나야 한다. 하지만 이 연구에서 측정된 맥락막 두께와 망막신경섬유층 사이의 유의한 연관성은 맥락막 두께가 얇게 나타난 하측이 아니라 상측에서 관찰되었다. 또한 한 가지 주목할 것은, EDI 기법은 정적인 구조만을 반영할 뿐 맥락막 순환의 혈류역학적인 흐름을 보여줄 수 없으므로, 앞서 두 연구에서 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영으로 측정한 맥락막 두께에 차이가 있다고 해서 그것이 맥락막의 혈류역학적인 변화 때문이라고 명확하게 말하기 어렵다는 것이다. 즉, 시신경 유두에 허혈을 초래하는 혈액 관류압 감소와 맥락막 두께의 감소가 직접적으로 연관되어 있다고 볼 수 없으며, 실제로 건강한 젊은 성인을 대상으로 한 연구에서도 맥락막 혈류와 맥락막 두께 사이에 연관성이 없음이 보고된 바 있다.<sup>17</sup>

본 연구에서 측정된 황반 하 맥락막 두께는 정상군  $262.58 \pm 49.53 \mu\text{m}$ , 정상안압녹내장군  $253.79 \pm 62.66 \mu\text{m}$ , 원발개방각녹내장군  $267.52 \pm 60.31 \mu\text{m}$ 로 정상인에서의 황반 하 맥락막 두께  $265.5 \pm 82.4 \mu\text{m}$ 와 유사하게 나타났으며, 유두주위 맥락막 두께는 평균 정상군  $177.16 \pm 55.54 \mu\text{m}$ , 정상안압녹내장군  $166.47 \pm 71.46 \mu\text{m}$ , 원발개방각녹내장군  $167.37 \pm 63.08 \mu\text{m}$ 로 이전에 보고된 정상인의 유두주위 맥락막 두께인  $203.83 \pm 68.36 \mu\text{m}$ 보다 좀 더 낮게 나타났다.<sup>18,19</sup> 녹내장 환자에서 맥락막 두께에 영향을 주는 요인으로서는 연령, 안축장, 중심각막두께, 이완기 안구 관류압이 알려졌으며 연령이 10세 증가할수록 맥락막 두께는 평균 31  $\mu\text{m}$  감소하고, 안축장이 1 mm 증가할수록 맥락막 두께는 평균 22  $\mu\text{m}$  감소한다고 한다.<sup>14,19</sup> 본 연구에서는 연령과 안축장 모두 세 군 간에 차이가 없었다. 또한, 맥락막 두께는 위치에 따라 두께 차이를 보여 황반 하 맥락막 두께가 가장 두껍고, 황반부를 중심으로 이측과 비측이 황반 하 맥락막 두께보다 더 얇게 관찰되는데 본 연구에서도 이와 마찬가지로 황반 하 맥락막 두께가 유두주위 맥락막 두께보다 더 두껍게 관찰되었다.<sup>20</sup>

녹내장 손상은 시야검사를 통해 나타나는 기능적 손실 및 망막신경섬유층과 시신경유두의 구조적인 변화로 평가하게 되므로 본 연구에서는 시야결손 정도와 망막신경섬유층 두께를 평가하였다. 시야검사 지표 평가 시 기존의 한국인에서 맥락막 두께를 측정한 연구에서는 녹내장군의 MD 값이  $-3.99 \pm 4.66 \text{ dB}$ , 서양인과 한국인의 정상안압녹내장



의 임상양상을 비교한 연구에서 제시된 녹내장군의 MD값이  $-6.63 \pm 5.34$  dB 정도인데 반해 본 연구의 녹내장군은 정상안압녹내장군  $-2.21 \pm 1.95$  dB, 원발개방각녹내장군  $-1.97 \pm 1.24$  dB로 시야 결손이 심하지 않아 대상군에 초기 녹내장 환자가 많이 포함되어 있음을 알 수 있다.<sup>21,22</sup> 이는 최근 본원 녹내장 클리닉을 방문하는 환자들이 대부분 검진을 통해 녹내장 초기에 방문하여 약물로 치료하고 있는 경우가 많기 때문으로 생각한다. 그러나 녹내장의 시야 결손 정도에 따라 정상, 경도, 중등도, 중증으로 등급을 나누어 대상군의 맥락막 두께를 비교해 보았을 때 시야 결손 정도와 맥락막 두께 사이에는 관련이 없는 것으로 나타났으며 단안에만 진행된 녹내장 손상을 보이는 환자를 대상으로 양안의 맥락막 두께를 비교해 보았을 때에도 녹내장이 없는 정상안과 진행된 개방각 녹내장안 사이에 유의한 차이가 없음을 발견할 수 있었다.<sup>13,23</sup> 그러므로 본 연구의 대상군에 초기 녹내장이 많이 포함된 것이 결과에 영향을 미쳤을 가능성도 있으나, 시야 결손 정도에 따른 맥락막 두께를 비교한 연구에서 차이가 없었다는 점과 이전에 보고된 다수의 연구에서 녹내장안과 정상안 사이에 맥락막 두께의 차이가 없었던 점을 고려해 볼 때, 본 연구의 초기 녹내장이 포함된 대상군의 비교로도 맥락막 두께가 녹내장과 관련이 없음을 이야기할 수 있을 것으로 생각한다.<sup>7,13,14,24</sup>

망막신경섬유층 두께는 1991년 빛간섭단층촬영이 소개된 이후로 녹내장의 진단 및 경과 관찰에 가장 유용하게 이용되어 왔으며 본 연구에서도 녹내장군의 망막신경섬유층 두께가 대조군에 비해 유의하게 얇아져 있는 것을 관찰할 수 있었다.<sup>25</sup> 망막신경섬유층에는 중심각막두께, 안축장, 상비측과 하비측 망막정맥 사이의 각도 등이 영향을 주는 것으로 알려졌으며, 본 연구에서 측정된 값은 각각 정상안압 녹내장군  $82.62 \pm 25.14$   $\mu$ m, 원발개방각녹내장군  $85.68 \pm 21.73$   $\mu$ m로 이전에 한국인을 대상으로 망막신경섬유층을 연구한 논문에서 나타난 정상안압녹내장군  $90.92 \pm 16.00$   $\mu$ m, 원발개방각녹내장군  $84.00 \pm 14.49$   $\mu$ m의 값과 유사하였다.<sup>26,27</sup> 이러한 망막신경섬유층은 녹내장 시신경 손상에서 주로 손상되는 부위이므로, 맥락막 두께가 녹내장 시신경 손상과 연관이 있다면 맥락막 두께와 망막신경섬유층 사이에 연관관계가 있음을 예측할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 모든 영역에서 유두주위 맥락막 두께와 망막신경섬유층 두께 사이에 유의한 연관관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 이전에 보고된 연구 결과와 동일하며, 이러한 결과는 맥락막 두께가 녹내장 시신경손상과 연관이 없음을 뒷받침해 준다.<sup>7,14</sup>

또한 본 연구에서는 녹내장 시신경손상 평가 시, 황반 두께를 측정하여 신경절 세포의 소실을 평가해보고자 하였다.

이는 망막의 신경절 세포의 50%가 황반부에 위치하고, 중심와부근에서 6개의 층을 이루어 망막 두께의 30-35%를 차지하고 있기 때문이다.<sup>28</sup> 이전의 연구에 따르면 녹내장 환자에서 황반 두께는 신경절 세포와 망막신경섬유층의 소실로 인해 정상안에 비해 감소하게 되며, 빛간섭단층촬영(Stratus-OCT)을 이용하여 황반 두께를 평가한 연구에서도 녹내장군에서 대조군보다 더 낮게 나타났다.<sup>29,30</sup> 본 연구에서도 이와 마찬가지로 녹내장군의 중심와 부근 황반 두께가 정상군에 비해 유의하게 감소해 있었다.

본 연구는 의무기록 분석을 이용한 후향적 연구이고, 원발개방각녹내장 군의 표본수가 적었다는 데에 제한점이 있다. 또한 본 연구에서는 신경절세포층의 소실을 평가하기 위해 황반 두께를 측정하였으나, 최근 RTVue-100 Fourier-domain OCT (Optovue, Fremont, CA, USA)와 같이 신경절세포층의 두께를 직접 측정하는 방법을 사용한다면 더 정확한 평가가 가능했을 것이다.

결론적으로, 황반 하 및 유두주위 맥락막 두께는 녹내장과 정상안 사이에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 맥락막 두께와 망막신경섬유층 두께 사이에 유의한 관계 또한 발견되지 않아 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영 EDI 기법으로 측정된 맥락막 두께와 녹내장 시신경 손상은 관련이 없는 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- 1) Kim CS, Seong GJ, Lee NH, Song KC. Prevalence of primary open-angle glaucoma in central South Korea the Namilstudy. *Ophthalmology* 2011;118:1024-30.
- 2) Cioffi GA, Wang L, Fortune B, et al. Chronic ischemia induces regional axonal damage in experimental primate optic neuropathy. *Arch Ophthalmol* 2004;122:1517-25.
- 3) Duijm HF, van den Berg TJ, Greve EL. Choroidal haemodynamics in glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1997;81:735-42.
- 4) Fuchsjäger-Mayrl G, Wally B, Georgopoulos M, et al. Ocular blood flow and systemic blood pressure in patients with primary open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45:834-9.
- 5) Hayreh SS. Blood supply of the optic nerve head and its role in optic atrophy, glaucoma, and oedema of the optic disc. *Br J Ophthalmol* 1969;53:721-48.
- 6) Spaide RF, Koizumi H, Pozzoni MC. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2008;146:496-500.
- 7) Ehrlich JR, Peterson J, Parlitsis G, et al. Peripapillary choroidal thickness in glaucoma measured with optical coherence tomography. *Exp Eye Res* 2011;92:189-94.
- 8) Flammer J, Orgül S, Costa VP, et al. The impact of ocular blood flow in glaucoma. *Prog Retin Eye Res* 2002;21:359-93.
- 9) Spraul CW, Lang GE, Lang GK, Grossniklaus HE. Morphometric changes of the chorio capillaris and the choroidal vasculature in eyes

- with advanced glaucomatous changes. *Vision Res* 2002;42:923-32.
- 10) Yin ZQ, Vaegan, Millar TJ, et al. Widespread choroidal insufficiency in primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma* 1997;6:23-32.
- 11) Cristini G, Cennamo G, Daponte P. Choroidal thickness in primary glaucoma. *Ophthalmologica* 1991;202:81-5.
- 12) Drexler W, Morgner U, Ghanta RK, et al. Ultrahigh-resolution ophthalmic optical coherence tomography. *Nat Med* 2001;7:502-7.
- 13) Mwanza JC, Hochberg JT, Baniatt MR, et al. Lack of association between glaucoma and macular choroidal thickness measured with enhanced depth-imaging optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:3430-5.
- 14) Maul EA, Friedman DS, Chang DS, et al. Choroidal thickness measured by spectral domain optical coherence tomography: factors affecting thickness in glaucoma patients. *Ophthalmology* 2011;118:1571-9.
- 15) Usui S, Ikuno Y, Miki A, et al. Evaluation of the choroidal thickness using high penetration optical coherence tomography with long wavelength in highly myopic normal-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2012;153:10-6.e1.
- 16) Hirooka K, Tenkumo K, Fujiwara A, et al. Evaluation of peripapillary choroidal thickness in patients with normal-tension glaucoma. *BMC Ophthalmol* 2012;12:29.
- 17) Sogawa K, Nagaoka T, Takahashi A, et al. Relationship between choroidal thickness and choroidal circulation in healthy young subjects. *Am J Ophthalmol* 2012;153:1129-32.e1.
- 18) Fujiwara A, Shiragami C, Shirakata Y, et al. Enhanced depth imaging spectral domain optical coherence tomography of subfoveal choroidal thickness in normal Japanese eyes. *Jpn J Ophthalmol* 2012;56:230-5.
- 19) Ho J, Branchini L, Regatieri C, et al. Analysis of normal peripapillary choroidal thickness via spectral domain optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2011;118:2001-7.
- 20) Manjunath V, Taha M, Fujimoto JG, Duker JS. Choroidal thickness in normal eyes measured using Cirrus HD optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2010;150:325-9.e1.
- 21) Suh W, Cho HK, Kee C. Evaluation of peripapillary choroidal thickness in unilateral normal-tension glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2014;58:62-7.
- 22) Kim JM, Jeoung JW, Bitrian E, et al. Comparison of clinical characteristics between Korean and Western normal-tension glaucoma patients. *Am J Ophthalmol* 2013;155:852-7.
- 23) Mwanza JC, Sayyad FE, Budenz DL. Choroidal thickness in unilateral advanced glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53:6695-701.
- 24) Rhew JY, Kim YT, Choi KR. Measurement of subfoveal choroidal thickness in normal-tension glaucoma in Korean patients. *J Glaucoma* 2014;23:46-9.
- 25) Schuman JS. Spectral domain optical coherence tomography for glaucoma (an AOS thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc* 2008;106:426-58.
- 26) Chung HJ, Park CK. Factors determining the peripapillary retinal nerve fiber distribution. *J Glaucoma* 2013 Aug 21. [Epub ahead of print]
- 27) Kim NR, Hong S, Kim JH, et al. Comparison of macular ganglion cell complex thickness by Fourier-domain OCT in normal tension glaucoma and primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma* 2013;22:133-9.
- 28) Curcio CA, Allen KA. Topography of ganglion cells in human retina. *J Comp Neurol* 1990;300:5-25.
- 29) Zeimer R, Asrani S, Zou S, et al. Quantitative detection of glaucomatous damage at the posterior pole by retinal thickness mapping. A pilot study. *Ophthalmology* 1998;105:224-31.
- 30) Leung CK, Chan WM, Yung WH, et al. Comparison of macular and peripapillary measurements for the detection of glaucoma: an optical coherence tomography study. *Ophthalmology* 2005;112:391-400.



---

= 국문초록 =

## 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영으로 측정된 녹내장 환자의 맥락막 두께 분석

**목적:** 정상안압녹내장과 원발개방각녹내장 환자의 맥락막 두께를 측정하여 맥락막 두께와 녹내장 시신경병증의 관계를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 정상안압녹내장, 원발개방각녹내장, 대조군 세 집단에서 스펙트럼영역 빛간섭단층촬영으로 측정된 망막신경섬유층 두께, 황반 두께, 황반 하 및 유두주위 맥락막 두께를 비교하였다. 또한, 녹내장 환자에서 망막신경섬유층 두께와 유두주위 맥락막 두께의 연관성을 분석하였다.

**결과:** 정상안압녹내장 53안, 원발개방각녹내장 21안, 대조군 42안이 포함되었으며, 망막신경섬유층 두께, 황반 두께는 녹내장안에서 정상안에 비해 얇게 나타났다. 황반 하 및 유두주위 맥락막 두께는 녹내장안과 정상안 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 녹내장안에서 망막신경섬유층 두께와 유두주위 맥락막 두께 사이에 유의한 연관성은 없는 것으로 나타났다.

**결론:** 본 연구 결과, 맥락막 두께는 녹내장안과 정상안 사이에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 맥락막 두께와 녹내장 시신경병증 발생의 관련성은 없는 것으로 나타났다. 그러므로 맥락막 두께를 녹내장의 병인 규명 및 진단에 활용하기 위해서는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

〈대한안과학회지 2014;55(6):868-876〉

---